

**ANALISIS TEGANGAN DAN FLEKSIBILITAS SISTEM PERPIPAAN
DENGAN PERANGKAT LUNAK (SOFTWARE) CAESAR II**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan Strata Satu di Program
Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan*

Disusun Oleh :

Agli Nirwansyah

14.303.0114



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PASUNDAN

BANDUNG

2019

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

"ANALISIS TEGANGAN DAN FLEKSIBILITAS SISTEM PERPIPAAN
DENGAN PERANGKAT LUNAK (SOFTWARE) CAESAR II"



Nama : Agli Nirwansyah

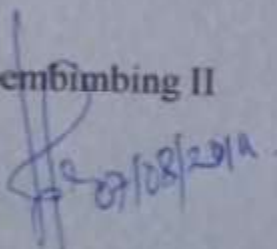
NRP : 143030114

Dosen pembimbing I



Ir. Gato santoso, MT.

Dosen pembimbing II



Ir. BRM Djoko Widodo.

ABSTRAK

Revolusi industri 4.0, sistem perindustrian semakin cepat berkembang terutama dalam menganalisa suatu permasalahan yang terjadi di bidang industri. Contoh kasus sederhana terjadi dalam menganalisa suatu pemodelan sistem perpipaan suatu Pembangkit tenaga listrik, pada zaman sebelum revolusi industri 4.0 seorang *engineer* menganalisa suatu permasalahan yang terjadi pada suatu pemodelan sistem perpipaan menggunakan cara manual (menghitung) dengan mengumpulkan berbagai macam data yang diambil dari data lapangan, dihitung satu persatu sampai menemukan hasil yang paling mendekati faktor keamanan dalam tahap perancangan.

Berbagai software pembantu untuk menganalisa suatu permasalahan dari tahun ke tahun mulai ditemukan dan digunakan oleh para *Engineer*. Salah satunya adalah *software Caesar II* yang digunakan untuk merancang dan menganalisa sistem perpipaan. Dalam merancang sistem perpipaan perlu memperhitungkan dan menentukan *diameter*, *wallthickness*, *schedule*, *material*, *support*, *bend*, *hanger*, *SIF* & *Tess* pipa.

Pada pengerjaan Skripsi ini, dilakukan analisis tegangan dan fleksibilitas pada pipa PLTP Patuha menggunakan *software Caesar II* yang bertujuan untuk membandingkan hasil analisis tegangan dan fleksibilitas dengan *software Autopipe* yang telah dilakukan sebelumnya oleh Erwin Gurning. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, perbandingan perhitungan hasilnya berbeda secara signifikan, Hasil analisis *Maximum Expansion Stress* pada sistem perpipaan menggunakan *software Caesar II* menghasilkan nilai tegangan 31284.52 *Psi* lebih besar dari hasil analisis menggunakan *software Autopipe* dengan nilai 16612.86 *Psi*

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	6
STUDI LITERATUR.....	6
2.1 Pengenalan analisis tegangan pipa	6
2.2 Tujuan melakukan analisis tegangan pipa.....	7
2.3 Teori dan Perkembangan dari Kebutuhan Tegangan Pipa.	8
2.3.1 Konsep – konsep tegangan dasar.	8
2.3.2 Kondisi Tegangan pada Dinding Pipa	15
2.3.3 Teori kegagalan.....	17
2.3.4 Ductille material.....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Metode Penelitian.....	21

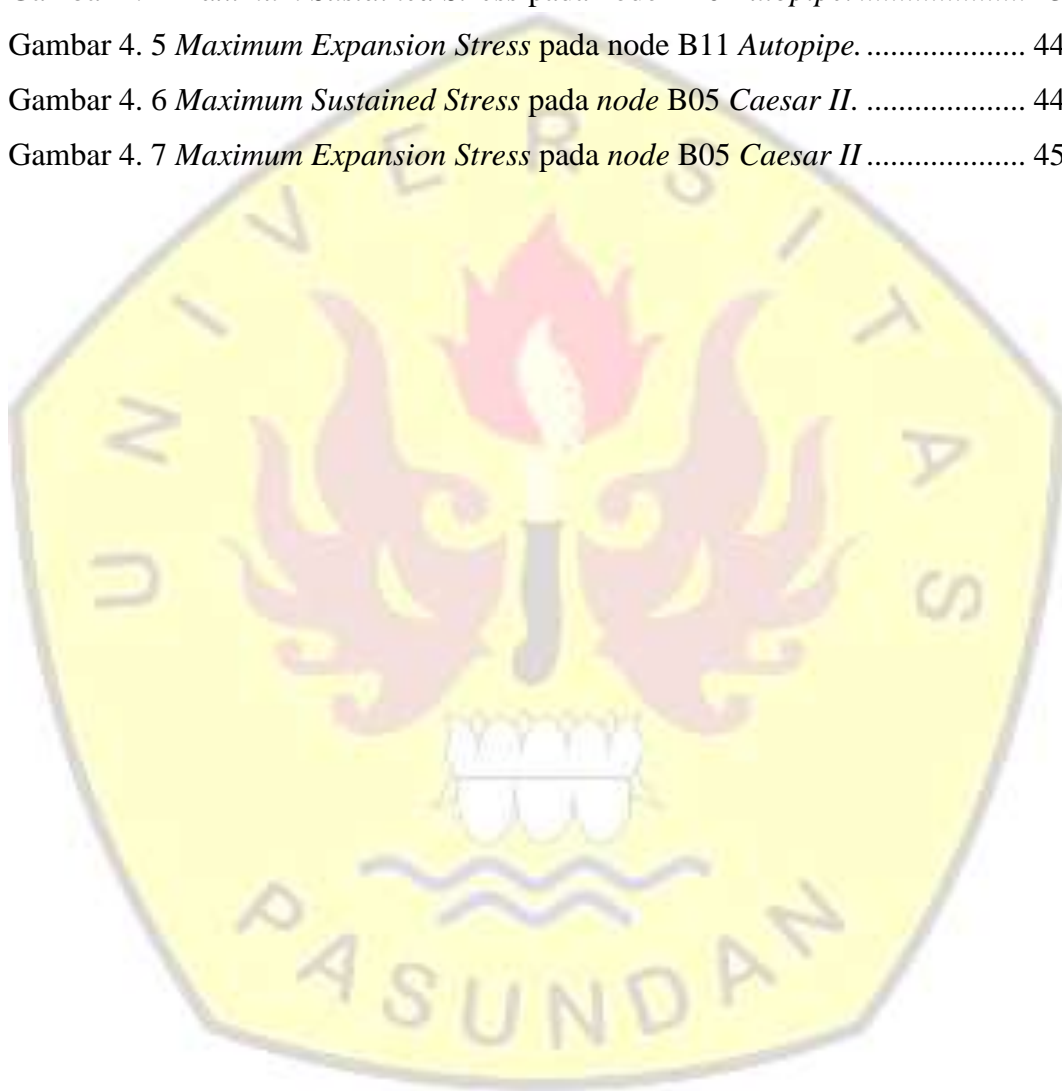
3.2	Langkah pemodelan	23
3.3	Manfaat Skripsi	29
BAB IV		30
DATA DAN ANALISIS		30
4.1	Data Lingkungan	30
4.2	Data Produksi	32
4.3	Kondisi Operasi	35
4.4	Filosofi Perancangan Proses	35
4.5	Data Pipa	37
4.6	Tebal Pipa (Wall Thickness Calculation)	38
4.7	Tebal Insulasi	41
4.8	Analisis Tegangan dan Fleksibilitas	41
BAB V		47
KESIMPULAN DAN SARAN		47
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran	47
DAFTAR PUSTAKA		48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi PLTP Patuha.....	2
Gambar 1. 2 Diagram pemasangan Separator.....	3
Gambar 2. 1 Arah tegangan pada pipa. [1]	8
Gambar 2. 2 Arah gaya dalam pada pipa [1]	9
Gambar 2. 3 Arah tegangan longitudinal pada pipa [1]	10
Gambar 2. 4 Arah momen lentur pada pipa [1]	10
Gambar 2. 5 Arah tegangan longitudinal keseluruhan pada pipa [1].....	11
Gambar 2. 6 Arah tegangan tangensial (tegangan hoop) [1]	11
Gambar 2. 7 shear distribution profile [1].....	12
Gambar 2. 8 Tegangan geser juga dapat disebabkan oleh pembebanan torsi [1] .	13
Gambar 2. 9 kondisi tegangan pada dinding pipa [1]	15
Gambar 2. 10 lingkaran Mohr [1]	16
Gambar 2. 11 Kegagalan akibat tegangan tarik uniaksial dan torsi murni [1].....	17
Gambar 2. 12 Perbandingan teori tegangan geser maksimum	19
Gambar 2. 13 Grafik representasi teori tegangan geser maksimum [1].....	20
Gambar 3. 1 diagram alir analisis sistem perpipaan.	21
Gambar 3. 2 pemodelan sistem perpipaan PLTP Patuha sesudah dipasang separator.	23
Gambar 3. 3 pengaturan satuan yang akan digunakan.	24
Gambar 3. 4 proyek baru Skripsi.	24
Gambar 3. 5 melihat satuan yang akan digunakan pada proyek yang diatur pada langkah pertama.	25
Gambar 3. 6 data sistem perpipaan.	25
Gambar 3. 7 merupakan tampilan awal penggambaran pipa.	26
Gambar 3. 8 <i>Toolbars classic piping input</i>	26
Gambar 3. 9 <i>Tools bar Caesar II</i>	28

Gambar 3. 10 Pemodelan sistem perpipaan.....	29
--	----

Gambar 4. 1 Lokasi PLTP Patuha.....	30
Gambar 4. 2 Peta Zona Gempa Indonesia.....	31
Gambar 4. 3 Simulasi HYSYS.....	37
Gambar 4. 4 <i>Maximum Sustained Stress</i> pada node D10 Autopipe.	43
Gambar 4. 5 <i>Maximum Expansion Stress</i> pada node B11 Autopipe.	44
Gambar 4. 6 <i>Maximum Sustained Stress</i> pada node B05 Caesar II.	44
Gambar 4. 7 <i>Maximum Expansion Stress</i> pada node B05 Caesar II.....	45



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data Produksi Uap dan Parameter Sumur Patuha.....	32
Tabel 4. 2 PPL-02 <i>Full Bore Test</i>	32
Tabel 4. 3 Fraksi Steam dan Brine Sumur Patuha	33
Tabel 4. 4 (PT. Geodipa Energi “ <i>Analysis of Sample</i> ” inlet demister load 25%)	34
Tabel 4. 5 Komposisi Kimia <i>Brine</i> Sumur PPL-02	34
Tabel 4. 6 Data Perancangan PAD PPL 2.....	37
Tabel 4. 7 Basic Spesific Minumum Yoeld Strength.....	39
Tabel 4. 8 Nilai Join Efisiensi Pengelasan Pipa.....	39
Tabel 4. 9 Perhitungan tebal pipa dan pemilihan schedule pipa.....	40
Tabel 4. 10 Tebal Insulasi	41
Tabel 4. 11 Load Combination pada <i>Autopipe</i>	42
Tabel 4. 12 Load Combination Pada <i>Caesar II</i>	42
Tabel 4. 13 Tegangan Maksimum Setelah dipasang Separator pada Autopipe....	43
Tabel 4. 14 Tegangan Maksimum Setelah dipasang Separator pada Caesar II	44
Tabel 4. 15 Pergerakan pipa pada support exsisting pada <i>software Autopipe</i>	45
Tabel 4. 16 Pergerakan pipa pada support exsisting pada <i>software Caesar II</i>	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam suatu perusahaan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi, Sistem Perpipaan merupakan salah satu sistem yang sangat pokok di luar rangkaian proses yang di pergunakan untuk mengalirkan suatu fluida, yaitu berupa zat cair dan zat gas pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi.

Sistem perpipaan banyak digunakan pada suatu perusahaan maupun pada industri minyak dan gas, sistem perpipaan ini berfungsi untuk mengalirkan fluida kerja dari suatu komponen ke komponen lainnya sehingga proses produksi dapat berlangsung dengan baik. Sistem perpipaan haruslah dirancang dengan memahami perilaku sistem perpipaan akibat pembebanan, serta memahami kode standar desain yang mengatur perancangan suatu sistem perpipaan.

Proses perancangan haruslah beroperasi secara aman dan efisien dengan di bantu desain yang di dukung baik oleh perlengkapan dan sistem perpipaan yang terhubung dengan berbagai macam perlengkapan yang mendukung seperti tangki, *heat exchangers*, pompa dan lain-lain. Perancangan sistem perpipaan melingkupi pipa dan *fitting size, wallthickness, equipment layout, pipe routing, support type, support location finalization and Stress analysis*.

Dalam penelitian ini di jelaskan bahwa menganalisis tegangan dan fleksibilitas pada sistem perpipaan menggunakan kode standar ASME B 31.1 dan menggunakan bantuan *software* yaitu ; *CAESAR II*. Kebutuhan utama dalam melakukan analisis tegangan pada sistem perpipaan membutuhkan fleksibilitas untuk menyerap pemuaian panas, kode *compliance* untuk tekanan yang terjadi pada sistem perpipaan, pergeseran dan beban *nozzle* aman. Perancangan sistem perpipaan bisa di katakan aman apabila standar kode perancangan sistem perpipaan sesuai dengan kode standar atau kode yang di izinkan. [1]

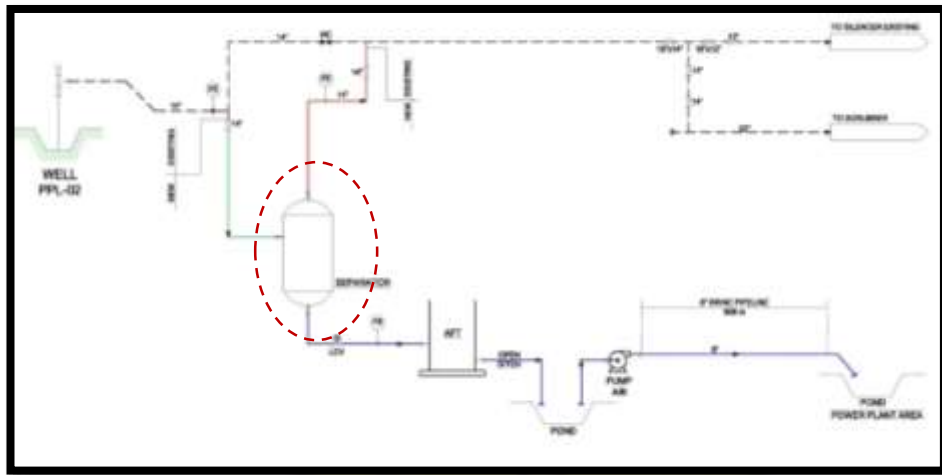
Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi di Jawa Barat yaitu Patuha dengan kegiatan bisnisnya dalam bidang konversi energi yaitu memanfaatkan energi panas bumi menjadi energi listrik yang akan di kirim ke Perusahaan Listrik Negara.

Sumur PPL-02 Patuha adalah sumur yang paling basah di antara sumur-sumur di lapangan panas bumi Patuha didapat dari hasil observasi lapangan setelah Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Patuha beroperasi beberapa bulan. Dengan adanya sifat karakteristik sumur tersebut, maka terdapat kendala untuk memaksimalkan sumur tersebut, karena apabila sumur PPL-02 dioperasikan maksimal akan terproduksi *brine* dalam jumlah yang cukup banyak, sehingga tidak cukup untuk dibuang lewat steam trap sepanjang *pipeline*. Untuk itu perlu dilakukan proses pemisahan campuran uap dan kondensat sebelum dialirkan ke pipa uap utama (*steam main line*). Sedangkan kondensat yang terproduksi akan dialirkan melalui *brine line* kemudian ditampung di *condensate pond* yang terletak di *powerplant*.

Pada kondisi operasi saat ini, sumur PPL-02 hanya dioperasikan kurang lebih 60% total kapasitas *flow* sumur PPL-02 (33 ton/jam atau setara 4,3 MW), padahal dari hasil *full bore test* (100% *trimming valve open*) menunjukkan total *flowrate* campuran uap dan air 60 ton/jam atau sekitar 8,1 MW. Untuk itu manajemen PT. Geo Dipa Energi berencana memasang pemasangan *Steam Separator* sebelum uap dialirkan ke *main steam line* dan mengalirkan *brine* yang terproduksi ke *condensate pond*.



Gambar 1. 1 Lokasi PLTP Patuha



Gambar 1. 2 Diagram pemasangan Separator

Steam dari sumur PPL-02 awalnya dialirkan langsung ke pipa utama (lihat gambar 1.2 Diagram Pemasangan Separator garis hitam putus- putus), dengan adanya penambahan pemasangan Separator, *steam* dialirkan ke pemasangan Separator (lihat gambar 1.2 Diagram Pemasangan Separator garis hijau) untuk dipisahkan antara *steam* dengan *condensate*, setelah pemisahan dari pemasangan Separator *steam* diteruskan menuju pipa utama (lihat gambar 1.2 Diagram Pemasangan Separator garis merah).

Penulis akan melakukan perbandingan analisis tegangan dengan yang sebelumnya telah dilakukan oleh saudara Erwin Gurning dengan menggunakan *software autopipe*., akan tetapi pada perbandingan ini penulis akan menggunakan *software Caesar II*.

Penulis beralasan melakukan perbandingan tersebut adalah untuk memastikan *software Caesar II* dapat mendekati hasil analisis yang sesuai dengan dengan sebelumnya, dengan menggunakan variable data yang sesuai dengan data yang digunakan sebelumnya. Adapun bagian yang akan penulis analisis, yaitu jalur perpipaan pada bagian yang dilingkari pada diagram pemasangan *separator* (Lihat pada gambar 1.2 diagram pemasangan Separator), agar jalur perpipaan pada area penambahan pemasangan separator dapat dikonstruksikan secara aman dengan menggunakan *Software Caesar II*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mendesain sistem perpipaan tersebut?
2. Bagaimana cara menentukan *diameter, wallthickness, schedule, material, support, bend, hanger, SIF & Tess* pipa?
3. Bagaimana melakukan analisis tegangan dan fleksibilitas pada jalur perpipaan dari sumur PPL-02 ke instalasi *separator* menggunakan *software Caesar II*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penulisan Skripsi adalah :

1. Menggunakan standar ASME B3.1.1.
2. *Pipe Stress Analysis* menggunakan *software Caesar II*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mampu merancang dan memodifikasi sistem perpipaan menggunakan *software Caesar II*.
2. Mampu menentukan *diameter, wallthickness, schedule, material, support, bend, hanger, SIF & Tess* pipa.
3. Mampu melakukan analisis tegangan dan fleksibilitas pada jalur perpipaan dari sumur PPL-02 ke instalasi *separator* menggunakan *software Caesar II*.

1.5 Sistematika Penulisan

Laporan Skripsi ini di susun berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Bab ini berisi tentang komponen-komponen yang terdapat pada instalasi perpipaan yaitu: pembahasan umum pipa, komponen pendukung instalasi, rumus tegangan pipa, pengenalan analisis tegangan pipa, tujuan melakukan analisis tegangan pipa, perkembangan dari kebutuhan tegangan pipa dan teori kegagalan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi diagram alir urutan proses pengerjaan.

BAB IV ANALISIS dan DATA

Bab ini berisi cara pengolahan data, perhitungan dan analisis.

BAB V KESIMPULAN dan SARAN

Bab ini berisi menerangkan kesimpulan hasil penelitian dan saran.

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR PUSTAKA

1. Agustinus, Donny, 2009. "*Pengantar Piping Stress Analysis*", Entry Agustino Publisher, London – Jakarta.
2. *Integrgraph* . "*Caesar II Help* ". *Caesar II*.
3. ISA – *The instrumentation, System and Automation Society*. 1992. 5.1-1984 (R1992) Instrumentation Symbols and Identification. North Carolina.
4. Kannapan, S, 1986. "*Introduction to Pipe Stress Analysis*", A Wile-Interscience Publication, United States of America.

